

LASER EQUIPMENT

Patent number: JP2001053368

Publication date: 2001-02-23

Inventor: YAMADA TAKESHI

Applicant: NIDEK CO LTD

Classification:

- **International:** H01S3/108; A61B18/20; A61F9/007; A61N5/06; B23K26/00; B23K26/06; H01S3/00; H01S3/082; H01S3/094; H01S3/109

- **European:**

Application number: JP19990227920 19990811

Priority number(s):

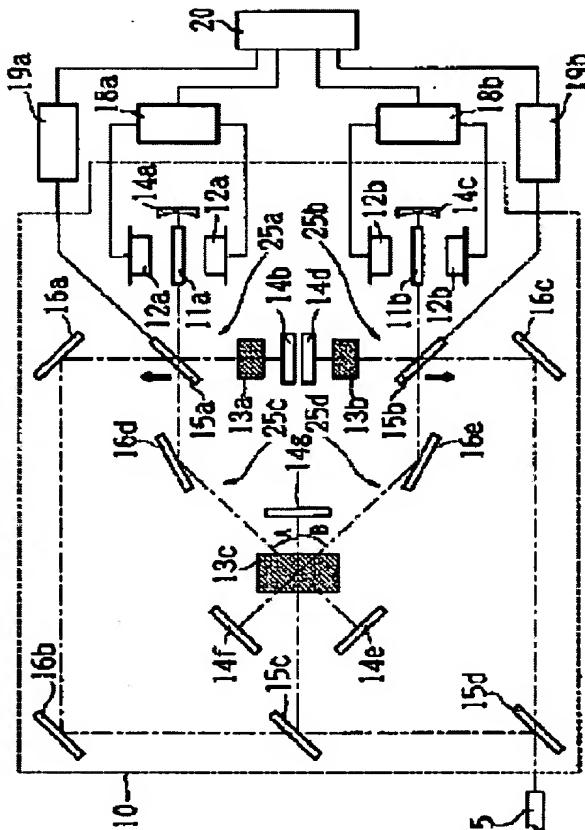
Also published as:

JP2001053368 (A)

Abstract of JP2001053368

PROBLEM TO BE SOLVED: To emit laser lights of plural different wavelengths efficiently at a low cost by selecting the laser beams so that one or two laser beams among first, second, and third beams may be guided to an object.

SOLUTION: A laser oscillator 10 is provided inside with Nd:YAG crystals 11a, 11b which are solid-state laser media, semiconductor lasers 12a, 12b which are exciting light sources, nonlinear crystals 13a-13c which are wavelength converters, total reflection mirrors 14a-14g, dichroic mirrors 15a-15d, and mirrors 16a-16e. The Nd:YAG crystals emit lights, having plural oscillation beams in the near infrared wavelength range by being excited by an excitation light from the exciting light sources. Here, among these oscillation beams, utilizing those having wavelengths of about 1,064 nm and 1,319 nm which have the high output and can be converted into different colors are used to emit laser lights having wavelengths of about 532 nm (green), about 589 nm (yellow), and about 659 nm (red). An optical resonance cavity on the rod 11a side emits a light of 1,063 nm wavelength, and one on the rod 11b side emits a light of 1,319 nm wavelength.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-53368

(P2001-53368A)

(43)公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51)Int.Cl.
H 01 S 3/108
A 6 1 B 18/20
A 6 1 F 9/007
A 6 1 N 5/06
B 2 3 K 26/00

識別記号

F I
H 01 S 3/108
A 6 1 N 5/06
B 2 3 K 26/00
26/06

テマコト*(参考)
4 C 0 2 6
E 4 C 0 8 2
Z 4 E 0 6 8
C 5 F 0 7 2
Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁) 最終頁に統く

(21)出願番号 特願平11-227920

(22)出願日 平成11年8月11日 (1999.8.11)

(71)出願人 000135184

株式会社ニデック
愛知県蒲郡市栄町7番9号

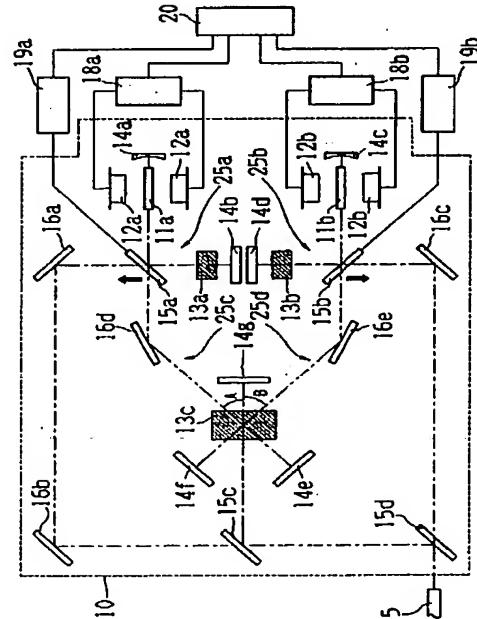
(72)発明者 山田 純
愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会
社ニデック拾石工場内
Fターム(参考) 4C026 AA02 AA03 AA04 BB07 BB08
FF03 FF17 FF22 FF34 HH22
4C082 RA05 RA08 RC08 RC09 RE03
RE17 RE22 RE35 RL22
4E068 AA00 CA04 CB08 CD08 CK01
5F072 AB02 AB20 AK01 JJ02 JJ08
JJ20 PP07 QQ02 QQ04 RR01
RR03 YY01

(54)【発明の名称】 レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 コストを抑えつつ、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を出射させる。

【解決手段】 複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置において、第1固体レーザ媒質を励起して第1ビームを発振する第1共振光学系と、第2固体レーザ媒質を励起して第1ビームとは異なる波長の第2ビームを発振する第2共振光学系と、第1共振光学系の一部光路を共用する第3共振光学系と第2共振光学系の一部光路を共用する第4共振光学系とを持ち、第1及び第2ビームをベクトル位相整合することによって第3ビームを発振する位相整合光学系と、第1、第2及び第3ビームの各々に基づく第1、第2及び第3レーザ光をそれぞれ対象物に導光可能な導光光学系と、第1、第2及び第3レーザ光の内の1又は2つを対象物に導光するようを選択する選択手段と、を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置において、第1固体レーザ媒質を励起して第1ビームを発振する第1共振光学系と、第2固体レーザ媒質を励起して前記第1ビームとは異なる波長の第2ビームを発振する第2共振光学系と、前記第1共振光学系の一部光路を共用する第3共振光学系と前記第2共振光学系の一部光路を共用する第4共振光学系とを持ち、前記第1及び第2ビームをベクトル位相整合することによって第3ビームを発振する位相整合光学系と、前記第1、第2及び第3ビームの各々に基づく第1、第2及び第3レーザ光をそれぞれ対象物に導光可能な導光光学系と、前記第1、第2及び第3レーザ光の内の1又は2つを対象物に導光するように選択する選択手段と、を有することを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】請求項1のレーザ装置において、前記位相整合光学系は前記第1及び第2ビームを所定の角度で交差させ、交差位置に配置した非線形結晶によって前記第3ビームを発生させることを特徴とするレーザ装置。

【請求項3】請求項1のレーザ装置において、前記第1共振光学系は前記第1ビームを第2高調波光である前記第1レーザ光に波長変換する非線形結晶を備え、前記第2共振光学系は前記第2ビームを第2高調波光である前記第2レーザ光に波長変換する非線形結晶を備えることを特徴とするレーザ装置。

【請求項4】請求項2又は3のレーザ装置は、眼科用のレーザ治療装置であり、前記非線形結晶は近赤外域の光を可視域の光に波長変換する特性を持つことを特徴とするレーザ装置。

【請求項5】請求項1のレーザ装置において、前記選択手段は波長又は偏光方向によって光の透過と反射とを区別して行う特性を持つ複数の光学部材を含み、該光学部材は前記第1及び第2共振光学系の各光路中にそれぞれ押脱可能に配置されることを特徴とするレーザ装置。

【請求項6】請求項1のレーザ装置において、前記選択手段は波長又は偏光方向によって光の透過と反射とを区別して行う特性を持つ複数の光学部材を含み、該光学部材は前記第1及び第2共振光学系の各光路中にそれぞれ配置角度が変更可能に配置されることを特徴とするレーザ装置。

【請求項7】請求項5又は6のレーザ装置において、前記選択手段は、所期する波長又は色を選択する選択スイッチと、該選択スイッチからの信号によって前記第1固体レーザ媒質を励起する励起光源と前記第2固体レーザ媒質を励起する励起光源との少なくとも一方を駆動制御し、且つ前記光学部材の移動を制御する制御手段と、を含むことを特徴とするレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の異なる波長

のレーザ光を出射可能なレーザ装置に関する。

【0002】

【従来技術】複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置としては、レーザ光の波長が可変なアルゴン・ダイレーザやマルチウェイブレンジスのクリプトンレーザなどが知られている。これらは、患部や治療目的によって適する波長が異なる眼科手術等の医療分野など、様々な分野で使用されている。例えば、眼科手術においては、可視域を中心に波長(色)の違いによって異なる疾患(患部)の治療を行っており、疾患(患部)によつては赤と緑などの異なる波長(色)を同時に又は連続して使用する場合もあるため、1台の装置で複数の異なる波長を出射できるのは都合がよい。

【0003】また、前述した波長可変のレーザ治療装置は気体又はダイレーザであり、レーザチューブが短寿命であること、多大な電力を必要とすること、装置が大型化することなど問題が多いため、固体レーザによる多波長発振可能なレーザ装置が研究されている。そのような背景の中、従来は可視域のレーザ光を得られなかった固体レーザから可視域のレーザ光を得る方法や、複数の異なる波長の光から和周波光を得る方法が提案されている。

【0004】例えば、U.S.Patent No.5,345,457やU.S.Patent No.5,528,612では、1又は複数個のプリズムを使用し、且つ非線形結晶を使用して、複数の異なる波長の光を組合せることによって和周波光を得ることができるレーザ装置を開示している。U.S.Patent No.5,345,457のレーザ装置では、Nd:YAGロッドによる1064nmの光と1318nmの光とから、和周波光である589nmのレーザ光を出射することができる。さらに、U.S.Patent No.5,528,612のレーザ装置では、複数の波長のレーザ光をそれぞれ単独でも出射でき、組合せて和周波光としても出射できる。これにより、例えば、3つの異なる波長のレーザ光を出射させる場合は、2つのレーザロッド及びそれを励起するための励起光源で行うことができ、従来に比べてそれぞれ1つずつ少なくすることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プリズムによって異なる波長を組合せせる場合、特にNd:YAG結晶をレーザロッドとし、1064nmと1318nmといった近赤外域以上の比較的近い波長を組合せせる場合は、プリズムへの入射角の差が非常に小さいため広範囲のスペースが必要となる。また、プリズムを用いて各波長を同一光軸上へ導光するので、共振器内の損失が比較的大きくなり、励起光からレーザ光への変換効率が低くなる。さらにまた、プリズム自体及びその配置位置等に高い精度が要求される。

【0006】また、U.S.Patent No.5,345,457では、プリズムの代りにポラライザを用いて和周波光を得る方法

も提案されているが、どちらの場合でも和周波光である589nmのレーザ光のみしか出射することができない。

【0007】一方、U.S.Patent No.5,528,612では、1つの非線形結晶を使用し、温度を変化させることによって様々な波長変換に対応できるようにしている。しかしながら、温度を詳細に調整することは容易でなく、また1つの非線形結晶では対応できる波長変換には限界がある。

【0008】本発明は、上記問題点を鑑み、コストを抑えつつ、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置を提供することを技術課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【0010】(1) 複数の異なる波長のレーザ光を出射可能なレーザ装置において、第1固体レーザ媒質を励起して第1ビームを発振する第1共振光学系と、第2固体レーザ媒質を励起して前記第1ビームとは異なる波長の第2ビームを発振する第2共振光学系と、前記第1共振光学系の一部光路を共用する第3共振光学系と前記第2共振光学系の一部光路を共用する第4共振光学系とを持ち、前記第1及び第2ビームをベクトル位相整合することによって第3ビームを発振する位相整合光学系と、前記第1、第2及び第3ビームの各々に基づく第1、第2及び第3レーザ光をそれぞれ対象物に導光可能な導光光学系と、前記第1、第2及び第3レーザ光の内の1又は2つを対象物に導光するように選択する選択手段と、を有することを特徴とする。

【0011】(2) (1)のレーザ装置において、前記位相整合光学系は前記第1及び第2ビームを所定の角度で交差させ、交差位置に配置した非線形結晶によって前記第3ビームを発生させることを特徴とする。

【0012】(3) (1)のレーザ装置において、前記第1共振光学系は前記第1ビームを第2高調波光である前記第1レーザ光に波長変換する非線形結晶を備え、前記第2共振光学系は前記第2ビームを第2高調波光である前記第2レーザ光に波長変換する非線形結晶を備えることを特徴とする。

【0013】(4) (2)又は(3)のレーザ装置は、眼科用のレーザ治療装置であり、前記非線形結晶は近赤外域の光を可視域の光に波長変換する特性を持つことを特徴とする。

【0014】(5) (1)のレーザ装置において、前記選択手段は波長又は偏光方向によって光の透過と反射とを区別して行う特性を持つ複数の光学部材を含み、該光学部材は前記第1及び第2共振光学系の各光路中にそれぞれ挿脱可能に配置されることを特徴とする。

【0015】(6) (1)のレーザ装置において、前

記選択手段は波長又は偏光方向によって光の透過と反射とを区別して行う特性を持つ複数の光学部材を含み、該光学部材は前記第1及び第2共振光学系の各光路中にそれぞれ配置角度が変更可能に配置されることを特徴とする。

【0016】(7) (5)又は(6)のレーザ装置において、前記選択手段は、所期する波長又は色を選択する選択スイッチと、該選択スイッチからの信号によって前記第1固体レーザ媒質を励起する励起光源と前記第2固体レーザ媒質を励起する励起光源との少なくとも一方を駆動制御し、且つ前記光学部材の移動を制御する制御手段と、を含むことを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。図1はスリットランプを使用する眼科用レーザ光凝固装置の外観図である。図2は装置の光学系及び制御系概略図である。1はレーザ装置本体であり、後述するレーザ発振器10、レーザ光を患者眼の眼部に導光して照射するための導光光学系の一部、制御部20等が収納されている。2は装置のコントロール部であり、レーザ光の波長を選択する波長選択スイッチ2aやレーザ照射条件を設定入力するための各種スイッチが設けられている。3はレーザ照射のトリガ信号を発信するためのフットスイッチである。

【0018】4はスリットランプであり、患者眼を観察するための観察光学系と導光光学系の一部とが備えられている。5は本体1からのレーザ光をスリットランプ4に導光するためのファイバである。6はスリットランプ4を上下動するための架台である。

【0019】10はレーザ発振器であり、内部には固体レーザ媒質(レーザロッド)であるNd:YAG結晶(以下、単にロッドともいう)11a, 11b、励起光源である半導体レーザ(以下、単にLD(Laser Diode)ともいう)12a, 12b、波長変換器である非線形結晶(以下、単にNLC(Non Linear Crystal)ともいう)13a~13c、全反射ミラー(以下、単にHR(High Reflector)ともいう)14a~14g、ダイクロイックミラー(以下、単にDM(Dicroic Mirror)ともいう)15a~15d、ミラー16a~16eが備えられている。なお、非線形結晶としては、KTP結晶、LBO結晶、BBO結晶、CLBO結晶等が使用可能であり、本実施形態ではKTP結晶を使用している。

【0020】Nd:YAG結晶は励起光源からの励起光により、近赤外域の複数の発振線を持つ光を放出する(図3参照)。そこで、本実施形態の装置では、複数の発振線の内で出力が高く、それぞれ異なる色へ変換可能な約1064(1064.1)nmと約1319(1318.8)nmとを利用し、約532nm(緑)、約589nm(黄)、及び約659nm(赤)の3色のレーザ光を出射させる。本実施形態では、ロッド11a側の共振器は

1064 nmの光を発振し、ロッド11b側の共振器は1319 nmの光を発振する（詳しくは後述する）。

【0021】なお、HR14a、14eは1064 nmに対して全反射、HR14c、14fは1319 nmに対して全反射、HR14bは1064 nm及び532 nmに対して全反射、HR14dは1319 nm及び659 nmに対して全反射、HR14gは589 nmに対して全反射の特性をそれぞれ持つ。また、DM15aは1064 nmを反射して532 nmを透過し、DM15bは1319 nmを反射して659 nmを透過し、DM15cは589 nmを反射して532 nmを透過し、DM15dは532 nm及び589 nmを反射して659 nmを透過する特性をそれぞれ持つ。

【0022】18a、18bはそれぞれLD12a、12bの駆動回路、19a、19bはそれぞれ移動可能に配置されたDM15a、15bの駆動回路である。20はコントロール部2やフットスイッチ3からの信号に基づいて装置各部を制御する制御部である。

【0023】次に、以上の構成に基づき、複数の異なる波長のレーザ光を出射させる方法について説明する。

【0024】<532 nmのレーザ光の出射方法>術者は波長選択スイッチ2aにより、手術に使用するレーザ光の色（波長）を緑（532 nm）とする。制御部20は駆動回路18aを介してLD12aのみに電流を印可し、LD12aによってロッド11aを励起する。なお、ロッド11aであるNd:YAG結晶の両端面には、1064 nmに対して透過性を高めるようにAR（Anti Reflective）コーティングが施されている。また、HR14a、DM15a、及びHR14bによって共振器25aが構成されており、HR14bの直前には両端面に1064 nm及び532 nmに対するARコーティングが施されたNLC13aが配置されている。これにより、共振器25aでは1064 nmの光が発振され、さらに共振器25aの内部で1064 nmの第2高調波である532 nmの光に波長変換される。得られた532 nmのレーザ光は、DM15aを透過し、ミラー16a、16b、DM15c、15dを介してファイバ5へ導光される。そして、スリットランプ4の照射口から患者眼に向けて照射される。

【0025】<659 nmのレーザ光の出射方法>術者は波長選択スイッチ2aにより、手術に使用するレーザ光の色（波長）を赤（659 nm）とする。制御部20は駆動回路18bを介してLD12bのみに電流を印可し、LD12bによってロッド11bを励起する。なお、ロッド11bであるNd:YAG結晶の両端面には、1319 nmに対して透過性を高めるようにARコーティングが施されている。また、HR14c、DM15b、及びHR14dによって共振器25bが構成されており、HR14dの直前には両端面に1319 nm及び659 nmに対するARコーティングが施されたNLC

C13bが配置されている。これにより、共振器25bでは1319 nmの光が発振され、さらに共振器25bの内部で1319 nmの第2高調波である659 nmの光に波長変換される。得られた659 nmのレーザ光は、DM15bを透過し、ミラー16c、DM15dを介してファイバ5へ導光される。そして、スリットランプ4の照射口から患者眼に向けて照射される。

【0026】<589 nmのレーザ光の出射方法>術者は波長選択スイッチ2aにより、手術に使用するレーザ光の色（波長）を黄（589 nm）とする。制御部20は駆動回路19a、19bを介してDM15a、15bを矢印方向（図2参照）にそれぞれ移動させ、HR14a、ミラー16d、及びHR14cによる共振器25cと、HR14c、ミラー16e、及びHR14fによる共振器25dとをそれぞれ構成する。また、制御部20は駆動回路18a、18bを介してLD12a、12bにそれぞれ電流を印可し、ロッド11a、11bを励起する。共振器25cで発振された1064 nmの光と共振器25dで発振された1319 nmの光とは、それぞれミラー16d、16eによって所定の角度で交差される。両光が交差する位置には、両端面に1064 nm、1319 nm及び589 nmに対するARコーティングが施されたNLC13cを配置する。これにより、1064 nmの光と1319 nmの光とは、それぞれ所定の角度でNLC13cに入射してベクトル位相整合され、和周波光である589 nmの光に波長変換されて、直接又はHR14gによって共振器外部へ取り出される。得られた589 nmのレーザ光は、DM15c、15dによって反射され、ファイバ5へ導光される。そして、スリットランプ4の照射口から患者眼に向けて照射される。

【0027】なお、和周波を求める公式としては、以下の式1が知られており（ λ_1 、 λ_2 は基本波長、 λ は和周波を示す）、

【0028】

【数1】

$$\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \dots \dots \text{ (式1)}$$

本実施形態の波長に当てはめると、以下の式2となる。

【0029】

【数2】

$$\frac{1}{1064} + \frac{1}{1319} - \frac{1}{589} \dots \dots \text{ (式2)}$$

また、本実施形態では、2つの異なる波長の光の和周波光を得たが、差周波光を得るようにすることもできる。この場合の計算式は、以下の式3となる（ λ は差周波を示す）。

【0030】

【数3】

$$\left| \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right| - \frac{1}{\lambda_3} \quad \dots \dots \text{ (式 3)}$$

この和周波光又は差周波光を得るための要因の1つとして、2つの光が非線形結晶に入射する角度があり、この角度は2つの光の各波長と非線形結晶の特性とによって求めることができる。

【0031】そこで、ベクトル位相整合における2つの光の入射角度の求め方について説明する。2つの基本光とその和周波光とを図4のようと考えると、以下の式4が得られ、

【0032】

【数4】

$$\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3 \quad \dots \dots \text{ (式 4)}$$

10 【0034】

【数6】

*

$$k_1^2 + k_2^2 + 2k_1 k_2 \cos(\alpha - \beta) = k_3^2 \quad \dots \dots \text{ (式 6)}$$

ここに $k = 2\pi n / \lambda$ を代入して以下の式7を得る。

※ 【数7】

【0035】

※

$$\left(\frac{n_1}{\lambda_1} \right)^2 + \left(\frac{n_2}{\lambda_2} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_1}{\lambda_1} \right) \left(\frac{n_2}{\lambda_2} \right) \cos(\alpha - \beta) - \left(\frac{n_3}{\lambda_3} \right)^2 \quad \dots \dots \text{ (式 7)}$$

さらに、非線形結晶であるKTP結晶のXZ面を考えると、 $\alpha + \beta \rightarrow \alpha$ (常光線 + 非常光線 → 常光線) 及び $\theta = 90^\circ$ から $n_1 = n_{v1}$, $n_2 = n_{z2}$, $n_3 = n_{v3}$ が得られ、これを式7に代入して以下の式8を得る (KTP結晶の特性等については、Springer社(ドイツ連邦共和国)出★

$$\left(\frac{n_{v1}}{\lambda_1} \right)^2 + \left(\frac{n_{z2}}{\lambda_2} \right)^2 + 2 \left(\frac{n_{v1}}{\lambda_1} \right) \left(\frac{n_{z2}}{\lambda_2} \right) \cos(\alpha - \beta) - \left(\frac{n_{v3}}{\lambda_3} \right)^2 \quad \dots \dots \text{ (式 8)}$$

ここに n_{v1} , n_{z2} , n_{v3} 及び λ_1 , λ_2 , λ_3 の値を代入すると、 $\alpha - \beta$ の値が求まり、この $\alpha - \beta$ の値と式5とから α , β を求めることができる。

【0037】本実施形態では、式8に $n_{v1} = 1.7480$, $n_{z2} = 1.8215$, $n_{v3} = 1.7794$ 及び $\lambda_1 = 1064$, $\lambda_2 = 1319$, $\lambda_3 = 589$ を代入することにより、1064nmの光の入射角度Aは約3.6度であり、1319nmの光の入射角度Bは約4.5度であることを求めることができる。この角度はミラー16d, 16eの配置角度によって設定される。なお、 n_{v1} , n_{z2} , n_{v3} の値はセルマイヤー方程式によって求めることができる。

【0038】なお、図5のように、ミラー16d, 16eを省略し、DM15a, 15bの配置角度を駆動回路19a, 19bによって変更することにより、共振器25c' (HR14a, DM15a及びHR14e) による1064nmの光と共振器25d' (HR14c, DM15b及びHR14f) による1319nmの光とを所定の角度で交差させるようにしてもよい。

【0039】また、本実施形態では、光の波長によって透過と反射とを区別して行う特性を持つダイクロイックミラー (DM15a～15d) を使用したが、その代わりに光の偏光方向によって透過と反射とを区別して行う特性を持つ偏光ビームスプリッタを使用してもよい。こ

* 図4に基づいて以下の式5が得られる。

【0033】

【数5】

$$k_1 \cos \alpha + k_2 \cos \beta - k_3 \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \quad \dots \dots \text{ (式 5)}$$

$$k_1 \sin \alpha + k_2 \sin \beta - k_3 \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right)$$

これを計算して整理すると以下の式6となり、

10 【0034】

【数6】

*

※ 【数7】

※

★版の「Handbook of Nonlinear Optical Crystals - Second, Revised and Updated Edition」を参照されたい)。

【0036】

【数8】

の場合は、光の偏光方向を変える偏光板を適宜光路中に配置する。

30 【0040】また、本実施形態では、固体レーザ媒質としてNd:YAG結晶を使用したが、これに限定されるものではなく、周知の固体レーザ媒質(結晶)を使用することができる。もちろん、別々の種類の固体レーザ媒質(結晶)をそれぞれ使用してもよい。

【0041】さらにまた、本実施形態は眼科用のレーザ治療装置に限るものではなく、医療(形成外科を含む)用や産業(測定等)用など様々な用途のレーザ装置に適用することができる。

【0042】

40 【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、コストを抑えつつ、効率良く複数の異なる波長のレーザ光を出射させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態の装置の外観図である。

【図2】本実施形態の装置の光学系及び制御系概略図である。

【図3】Nd:YAGロッドの発振線の種類を示す図である。

【図4】ベクトル位相整合について説明する図である。

50 【図5】本実施形態の装置の光学系の一部変容例であ

る。

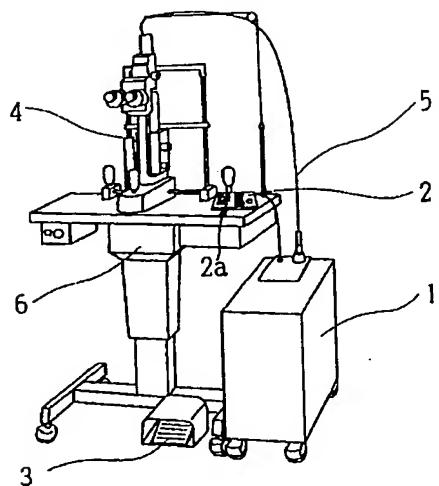
【符号の説明】

2 コントロール部
4 スリットランプ
10 レーザ発振器
11a, 11b Nd:YAGロッド

* 12a, 12b 半導体レーザ
13a~13c 非線形結晶
14a~14g 全反射ミラー
15a~15d ダイクロイックミラー
16a~16e ミラー
* 20 制御部

9

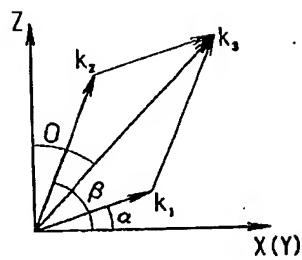
【図1】



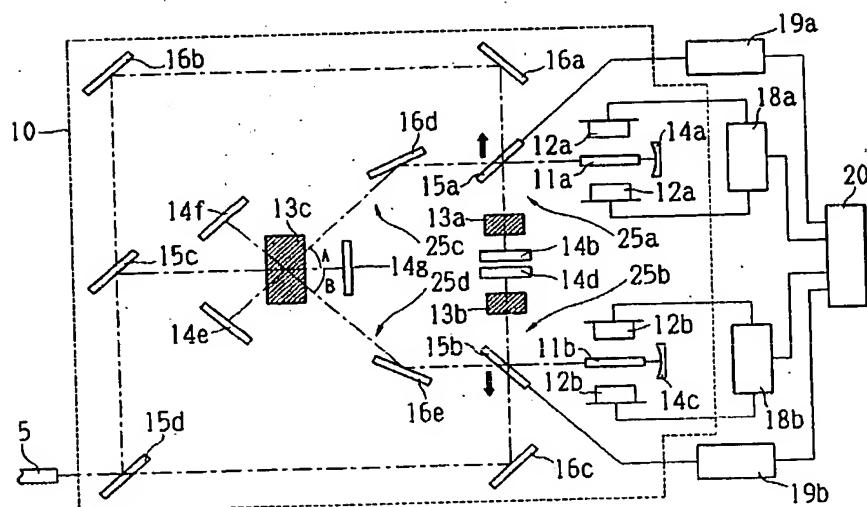
【図3】

Wavelength (nm, air)	Transition	Relative Performance
1052.1	R2 → Y1	46
1061.5	R1 → Y1	92
1064.1	R2 → Y3	100
1064.6	R1 → Y2	~50
1073.8	R1 → Y3	65
1078.0	R1 → Y4	34
1105.4	R2 → Y5	9
1112.1	R2 → Y6	49
1115.9	R1 → Y5	46
1122.7	R1 → Y6	40
1318.8	R2 → X1	34
1320.0	R2 → X2	9
1333.8	R1 → X1	13
1335.0	R1 → X2	15
1338.2	R2 → X3	24
1341.0	R2 → X4	9
1356.4	R1 → X4	14
1414.0	R2 → X6	1
1444.0	R1 → X7	0.2

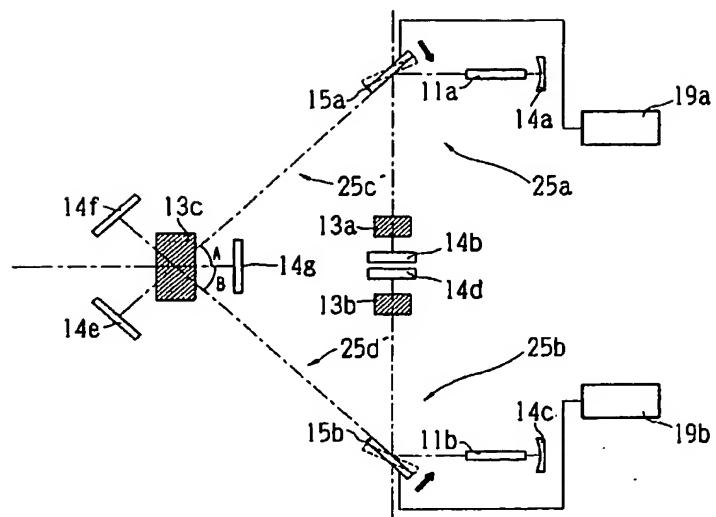
【図4】



【図2】



[図5]



フロントページの続き

(51)Int.Cl.
B 23 K 26/06

識別記号

F 1
H 0 1 S 3/00
3/082
3/109

テマコード(参考)

A

H 0 1 S 3/00
3/082
3/094
3/109A 6 1 B 17/36
A 6 1 F 9/00
3 5 0
5 0 1
5 0 2
5 0 7
5 1 1

H 0 1 S 3/094

S

THIS PAGE BLANK (USPTO)